

# タイの遺跡における使用石材とその劣化に関する調査報告

著者	朽津 信明
雑誌名	保存科学
号	37
ページ	59-68
発行年	1998-03-31
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1440/00003522/">http://id.nii.ac.jp/1440/00003522/</a>



# タイの遺跡における使用石材とその劣化に関する調査報告

朽津 信明

## 1. はじめに—タイの歴史を踏まえて—

筆者は、タイの遺跡を調査し、そこにおける使用石材とその劣化状況に関して観察を行う機会を得たので、その結果をここに報告する。

現在のタイ中心部の歴史は、クメール王国に支配されることから始まるとされ、それ以前は一般には先史時代と呼ばれている。9世紀頃から、カンボジアのアンコールを首都とするクメール王国の支配下におかれたタイでは、主に東北部を中心として、クメール建築の建造物が造られ始める。13世紀になって、このクメールの支配からタイ独自の統治を勝ち取ったのが、スコタイ王朝である。スコタイ周辺地域には、13世紀から14世紀にかけての遺跡が数多く造られ、この時代がスコタイ時代と呼ばれる。14世紀後半から、スコタイをしのぐ勢力を持ち始め、やがてスコタイをも統治下において繁栄をきわめたのが、アユタヤ王朝である。アユタヤ地域には、14世紀から18世紀に至るまでの遺跡が数多く造られ、この時代がアユタヤ時代と呼ばれる。その後、1767年にビルマの侵攻でアユタヤ王朝は滅亡し、15年間のトンブリ時代を経て、バンコクへと都が移され現在にいたっている。

こうした歴史背景を考えると、タイに残されている遺跡を考える際には、まず、クメール統治下時代、スコタイ時代、そしてアユタヤ時代の3つ時代の遺跡を捉えていくことが重要となる。このような視点から今回の調査では、調査対象地域として、東北部のクメール遺跡群、スコタイ (Sukhothai) 周辺地域、アユタヤ (Ayutthaya) 地域の3つを選んだ。具体的には、東北部では、パノム・ワン (Phanom Wan)、ピマイ (Phimai)、パノム・ルン (Phanom Rung)、ムアン・タム (Muang Tam)、タ・ムアン (Ta Muen) 遺跡群の各寺院を、スコタイ周辺地域では、ワット・マハタート (Wat Mahathat)、ワット・シーサワイ (Wat Si Sawai)、ワット・プラパイルアン (Wat Phrapai Luang)、ワット・チェトゥポン (Wat Chetuphon) などの史跡公園内に残る各寺院の他、スコタイ時代の周辺都市であるシーサチャナライ (Si Satchanalai) とカンペンペット (Kamphaeng Phet) の史跡公園内に残る各寺院を、そしてアユタヤ地域では、ワット・マハタート (Wat Mahathat)、ワット・ラチャブラナ (Wat Ratcha Burana)、ワット・プララム (Wat Phraram)、ワット・チャイワタナラム (Wat Chaiwattanaram) などの史跡公園内に残る各寺院を、それぞれ調査した。

## 2. タイの地形と気候

タイの山地と水系を図1に示す。タイは通常、北部、東北部、中央部、南部の四つに大別される場合が多い。このうち北部から南部にかけては、比較的急峻な山地が南北に連なっている。東北部には、周りを山地に囲まれたコラート高原と呼ばれる広大な高原が広がる。そして、中央部では河川沿いに平野が広がっている。

タイの気候は、上記の分類に東部 (図1) を加えた5つに大別される<sup>1)</sup>。

まず、タイ全体の気候としては普通は大きく3つの季節に分けて議論される。それによれば、2月中旬から5月中旬までを夏と呼び、5月中旬から10月中旬までを雨季と呼び、10月中旬から

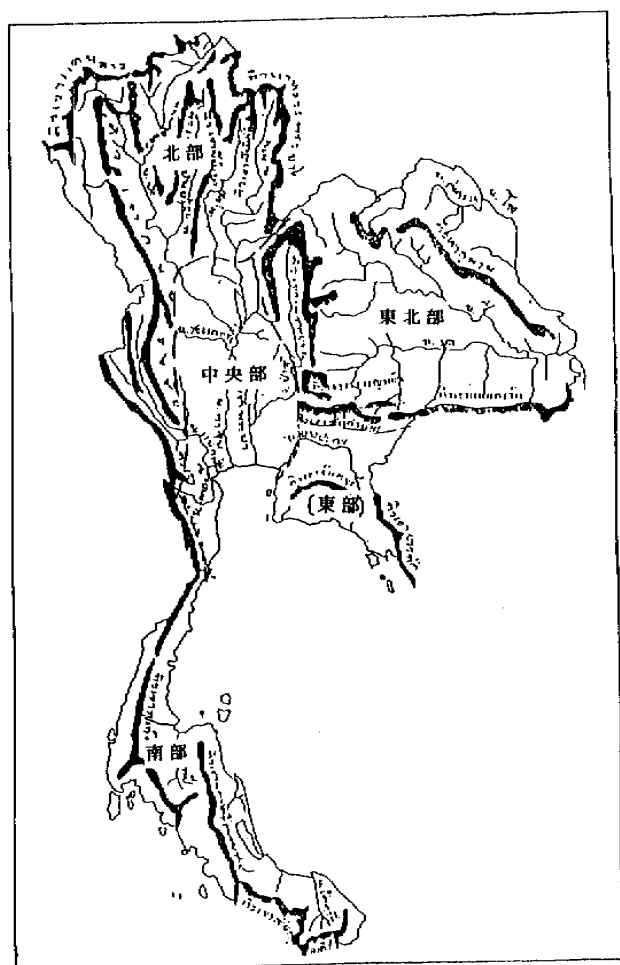


図1 タイの山地と水系 (Meteorological Department, 1994 に加筆)

2月中旬までを冬と呼んでいる。この、夏と冬をあわせたものが乾季にあたる。いずれの地域においても、年間を通して温暖であり、雨期に雨が集中して降る傾向は見られるが、それぞれの地域ごとに若干の違いが見られる。この季節わけに沿って、5つの地域の気候の特徴を比較する(表1)。

まず北部地域では、山岳地帯にあるため、夏と冬との平均気温差が4.8度と比較的大きくなっている。東北部でも一般に標高が高い(数百メートル程度)ため、北部に次いで寒暖の差が激しく、また冬場には殆ど雨が降らずに乾燥するのが特徴である。東部では、全体的に温暖で、海(季節風)の影響を受けて雨期に極端に雨が多く降る気候であり、南部では冬と夏の気温差が殆どなくなり、季節風の影響で冬にも雨が多く降る気候である。そして、中央部では、北部・東北部と東部・南部との中間的な気候であり、温暖で、雨も極端には多く降らない気候である。

なお、今回調査が行われた地域では、アユタヤが中央部に、東北部のクメール遺跡群が東北部に、そしてスコタイ・シーサチャナライ・カンペンペットは、北部にそれぞれ位置している。

表1 タイ各地における気象データ

	平均気温 (°C)			平均湿度 (%)			平均降水量 (mm)		
	夏	雨期	冬	夏	雨期	冬	夏	雨期	冬
北部	28.2	27.2	23.4	62	81	73	166.5	955.2	104.6
東北部	28.4	27.7	24.0	65	80	69	211.1	1111.9	72.8
中央部	29.5	28.2	26.1	69	79	71	192.3	907.4	130.0
東部	28.9	28.0	26.4	74	81	71	257.8	1440.2	201.3
南部	28.2	27.5	26.3	76	81	79	265.0	1123.0	676.1

(Meteorological Department, 1994 に基づきコンパイル)

各地で、夏は2月中旬から5月中旬、雨期は5月中旬から10月中旬、そして冬は10月中旬から2月中旬までをさす。

### 3. 地質概略

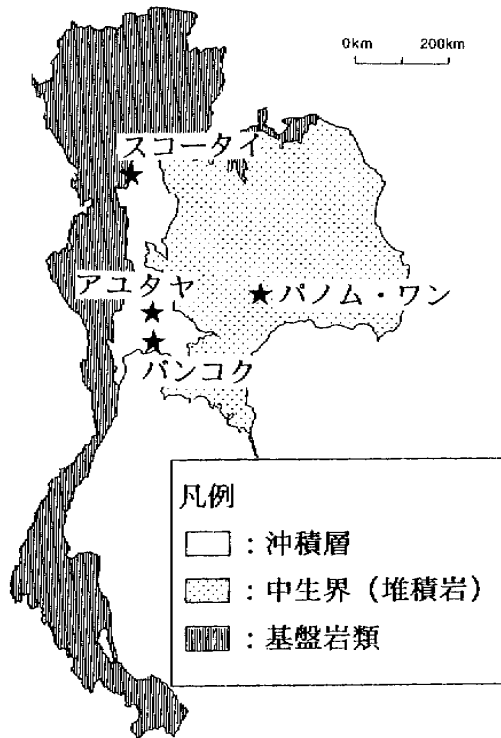


図2 タイ地質概略図

(UNESCO, 1980 に基づきコンパイル)

北部のクメール遺跡群が中生界地域に、そしてスコータイ・シーサチャナライ・カンペンペットは、複合岩体と第四系との境界付近にそれぞれ位置している。

### 4. 調査した遺跡の概略

クメール、スコータイ、アユタヤ時代の遺跡で、現在まで残されているものは、主として寺院などの宗教建築と、王宮などの公共建築である。これらは、殆どの場合、主に石（以後、石という場合にはレンガなどの近親物質も含む）で造られている。

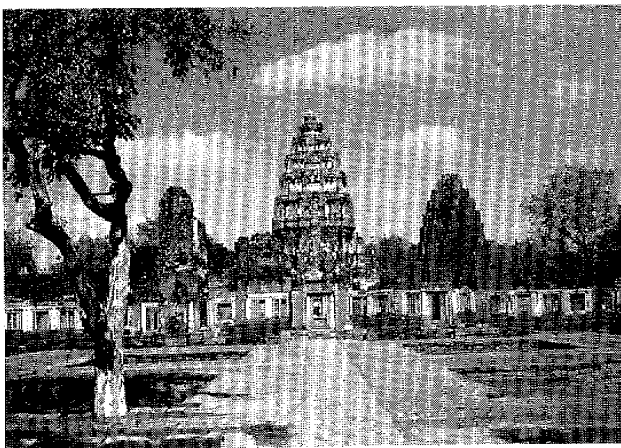


図3 東北部の遺跡の例（ピマイ遺跡）  
砂岩が豊富に用いられている。

タイの地質は、大きく3つに分類することができる（図2）<sup>2)</sup>。まず第一に、北部山岳地帯からマレー半島に向かって南北に走る山脈部分は、花崗岩を主としながら、古生代から新生代に至る堆積岩、深成岩、変成岩を複雑に含んだ複合岩体（基盤岩類）であり、この分布は上記の気候区分で言うところのタイ北部とタイ南部を合わせたものにほぼ対応する。次に、東北部のコラート高原では、中心の平原部が殆ど白亜紀の砂岩からなり、周縁の丘陵部には三畳紀からジュラ紀にかけての水成岩が分布するという具合に、シンプルな中生代の堆積岩地帯である。そして最後に、中央部の平野部では、メナム川による第四系（沖積層）が広く分布している。先第四系の各岩体は地質時間の間に風化作用を受けており、いずれの地域でも地表付近には、風化生成物であるラテライトと呼ばれる鉄に富んだ褐色の岩石が分布している。今回調査が行われた地域では、アユタヤが第四系地域に、東

北部のクメール時代の遺跡は、主として同時代の中心地であるカンボジアに近い、現在のタイ東北部に集中している<sup>3)</sup>。同時代の宗教がヒンドゥー教だったことから、この地域ではヒンドゥー教寺院が多く残されている。調査を行ったピマイ（図3）やパノム・ルンなどは、いずれも元はヒンドゥー教の寺院であり、基壇や壁などの主構造が全て石でできており、塔のようなものでは、上まで全て石でできている。これに対し、こうした宗教建築以外の町並みは、現在は残されていないところから考えると、当時の民家は殆どが木造で構成されていたことが推定される。

スコータイ時代の遺跡は、首都であったス



図4 スコータイの遺跡の例(ワット・マハタート)  
レンガが豊富に観察される。

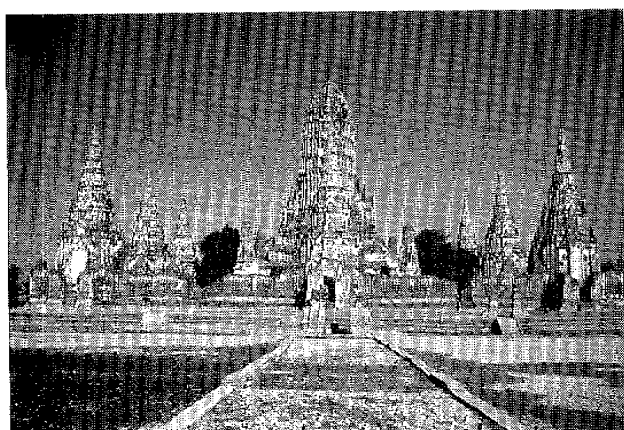


図5 アユタヤの遺跡の例(ワット・チャイワタナラム)  
殆ど全てレンガでできている。

コータイと、それを南北に囲む町であるシーサチャナライとカンペンペットに集中的に残されている<sup>4)</sup>。これらの町には城壁があり、その内外に、主として仏教寺院が数多く残されている。こうした寺院では、一般に柱や基壇は石でできていて残っているが、壁や屋根は残っていない場合が多い(図4)。つまり、壁や屋根の大半は、木造だったと推定される。また、城内で現在寺院などの建物の跡が残されていない空間の部分は、木造の民家があったものと推定される。

アユタヤ時代の遺跡は、首都であったアユタヤに数多く残されている。アユタヤは、四方を川に囲まれた島のような都市であるが、その島の内外に、主として仏教寺院が数多く残されている。こうした寺院では、クメール時代を思わせるような石製の塔と、スコータイ時代を思わせるような柱を持つ建物とが混在する場合が多い。しかし塔以外の建物では、屋根は残っていないのでスコータイと同様に木造だったことが推定されるものの、壁はレンガ造で残されている場合が多い点がスコータイとは異なっている(図5)。また、スコータイと同様に、城内で現在寺院などの建物の跡が残されていない空間の部分は、木造の民家があったものと推定される。

## 5. タイの遺跡における使用石材の概略

先述の通り、タイ国内の遺跡で用いられた材料のうち、現在残っているものは主には石だけである。その用いられた石材のバリエーションは一般に乏しく、観察された遺跡で使われていた天然の石材は、主材として用いられているものでは、ラテライト、砂岩、結晶片岩だけである(表2)。このほか、天然の石材ではないが、レンガが普遍的に用いられており、また、装飾用に、スタッコと呼ばれるモルタル状の義岩も比較的頻繁に用いられている(表2)。この他、例外的にパノム・ルンでは、ピンク色の風化玄武岩が観察される。これは、パノム・ルンが、玄武岩の山の上に立地しており、容易に入手できる石材だったことが背景として考えられる特殊な例と言える。

地域ごとに使用石材の特徴を見てみると、まず東北部では、砂岩の使用が非常に多いのが目に付く。他に、ラテライトとレンガも頻繁に見受けられるが、建物の構造や、装飾には、殆どの場合に砂岩が用いられている。その他、スタッコは殆ど見られず、結晶片岩に至っては、観察した限りでは一カ所も見られなかった。次にスコータイでは、砂岩の使用は殆どなく、建物の構造は、殆どがレンガでなされている。装飾は殆どがスタッコである。他にラテライトや結晶片岩は頻繁に見受けられる。シーサチャナライとカンペンペットでは、建物の構造の殆ど全てがラテライトで、表面の装飾をスタッコで行っており、その他の石材は殆ど見られない。最後にアユタヤでは、

表2 調査地域で観察された石材の概略

地域	構造主材	装飾主材	その他の主要石材
東北部	砂岩	砂岩	ラテライト、レンガ (パノムルンでは風化玄武岩も)
スコータイ	レンガ	スタッコ	ラテライト、結晶片岩
シーサチャナライ	ラテライト	スタッコ	
カンペンペット	ラテライト	スタッコ	
アユタヤ	レンガ	スタッコ、砂岩	ラテライト

建物の構造には基本的には必ずレンガが用いられ、構造としての砂岩は殆どなく、僅かに彫像などに用いられている砂岩が観察されるに過ぎない。ラテライトは、かなり普遍的に見られ、スタッコも頻繁に見受けられる。結晶片岩は、ごく稀に観察される。

こうした傾向は、タイの地質を考えれば、極めて合理的に説明できる。すなわち、ラテライトに関しては、タイ中どこに行っても基本的には殆ど普遍的に分布しているため、どの遺跡であっても、比較的利用しやすい石材であったと言えるだろう。しかし、砂岩については、どこにでも産するというものではなく、タイ東北部では白亜紀の砂岩が豊富に産するのに対して、スコータイ付近には分布していない。従って、東北部では砂岩は利用しやすい岩石だったろうが、スコータイ周辺では、余程のことがない限りは砂岩を石材として入手することは困難であっただろう。逆にスコータイ周辺には複合岩体中に結晶片岩が豊富に産するので、これが石材として使われるのは、極めて理解しやすい。このように、地質背景が、石造遺跡の使用石材に、影響を及ぼしているのは確実であると思われる。

## 6. 遺跡での使用石材の使い分け

使用石材が複数ある遺跡では、部分によって意図的に石材を使い分けている場合が多い。例えば、一般には、ラテライトは主に基底部に用いられ、その上に砂岩またはレンガで仕上げがなされるという傾向がみられる。東北部のパノム・ワンでは、この使い分けが特に顕著である。こうした場合には、彫像等の装飾は、ラテライトにはなされず、必ず砂岩に行われている。これは、後述するように比重が大きく（表3）堅固なラテライトと、比重が小さくて装飾しやすい砂岩との性質の違いがよく反映されている。なお、砂岩の中には赤色砂岩と白色砂岩とがあるが、ピマイなどでは、部分ごとにこの二つを意図的に使い分けている。例えば、回廊においては、窓枠のみを白色砂岩で囲い、その他の壁は、赤色砂岩となっている（図3）。次章で述べるが、赤色砂岩と白色砂岩とでは強度や耐久性が異なっており、見た目の色の対比とともに、強度的な理由からも両者が使い分けられたものと思われる。

それから、砂岩が分布しない地域で、建物の構造にはレンガやラテライトが、また装飾にはスタッコが用いられる傾向がある点は、石材の代用を考える意味で興味深い。すなわち、もともと意図的に材料を変えている面だけでなく、本来なら砂岩で構築すべきところを、それが入手できないために、ラテライトやレンガやスタッコでそれぞれ代用している面があるのではないかと推定される。もちろん、砂岩が豊富に産する東北部のクメール遺跡でもレンガが用いられている部分があるが、レンガの用いられている部分は通常、砂岩が用いられている建築よりも前の築造と考えられている。つまり、砂岩の石材としての有効性が知られるか、または砂岩の採掘・運搬

表3 遺跡で観察される各石材の物性比較

石材石	採取遺跡名	かさ比重	真比重	空隙率
ラテライト	パノムルン（東北部）	2.75	3.44	20.20%
白色砂岩	ピマイ（東北部）	2.15	2.43	11.40%
赤色砂岩	ピマイ	2.14	2.62	18.00%
レンガ	ワット・ラチャブラナ（アユタヤ）	1.52	2.33	34.60%
結晶片岩	ワット・ラチャブラナ	2.63	2.71	3.02%
スタッコ	ワット・ラチャブラナ	1.65	2.41	31.50%
風化玄武岩	パノムルン	1.90	2.58	26.10%

技術が進む以前にはレンガを用いていたが、砂岩が利用できるようになってからは、レンガの使用は東北部ではなくなったのではないかと考えられている。カンボジアのクメール遺跡でも同様の傾向があると言われ<sup>9)</sup>、レンガは砂岩がない場合に用いられるという傾向は、かなり普遍的に考えられる。さらに、ラテライトが豊富に産するシーサチャナライやカンペンベットではラテライトを構造に用いていることから考えると、アユタヤやスコタイでは、砂岩もラテライトも不足していることから、レンガを中心に用いたのではないかと考えることができる。また、装飾に関しても、レンガは弱すぎるし、ラテライトは堅すぎるために彫刻には不向きなため、砂岩を用いられない場合には、その代用としてスタッコを用いたという面があるのではないかと考えられる。

なお、パノム・ルンにおいては、東、西、南方向の回廊は砂岩のみで築造されているが、北側回廊だけはラテライトでできており、窓枠にのみ砂岩が用いられている。装飾の状態から、北側部分は最後に築造されたのではないかと考えられており、築造の過程で最後に砂岩が不足してきたのでラテライトで補ったのではないかと考えられる。先述の通りパノム・ルンは玄武岩の山上にあり、砂岩にしろラテライトにしろ山の下から持ち込まなければならないが、ラテライトは山の近辺に産するのに対して、砂岩についてはある程度離れたところから持ち込まなければならないが、砂岩の代用としてラテライトを用いた面があるだろうと推定される。また、先述の通りこの遺跡では風化玄武岩という特殊な石が用いられているが、これは北側回廊の床面部分のみに観察される。床に風化玄武岩が使われている部分は、壁にラテライトが用いられている部分と完全に一致しており、壁に砂岩が用いられている部分の床はやはり砂岩でできていることから、風化玄武岩は、砂岩の不足を補うために床面専用の石材として使われたと考えられる。風化玄武岩は、地山に産するため採取が極めて容易であり、また地山の新鮮な玄武岩部分に比べて風化している分だけ利用がしやすく、代替品として用いやすかったのであろう。

## 7. 石材の劣化と保存

タイの各遺跡において使用されている各岩石ごとに、劣化状況を記載する。まず、各石材の中で代表的なものについて、そのかさ比重、真比重、そして空隙率を表3に示す。

**ラテライト** ラテライトは、通常の岩石が地質時間の中で化学風化を受けてできた風化の最終生成物である。このため、理屈の上では、通常の我々人類の観察するタイムスケールでは、それ以

上殆ど化学風化を受けることはない。空隙率は大きい値を示すが、これは溶脱に伴う大きな空隙を意味するものであり、毛管圧も低く風化は起こりにくいものと思われる。従って遺跡においても、ラテライトでできている部分は一般には安定で劣化は見られず、例外的に大きな亀裂などが入っているような箇所を除いては、今後特に注意を要することはないと判断される。ただし、ラテライトと言う範疇で呼ばれている石材であっても、風化の中間段階である部分が用いられている場合があって、こうしたものについては、更なる風化が進行して脆弱化している場合も観察される。例えば、タ・ムアン遺跡群のうちのタ・ムアン・トート (Ta Muen Tot) では、外壁に用いられているラテライトの中に、いくつか質の悪いものが混じっており、そうした部分では脆弱化して崩れている場合が観察される(図6)。これは、築造時はラテライトとして用いたかも知れないが、岩石としてはラテライト化が不十分で風化砂岩としか呼べない状態のものであり、そのために劣化が起きているのだから、これを保存するには、保存環境の改善と言うよりは、むしろこうした材質の悪い部分を健全なラテライトに取り替えるか、あるいはこうした悪い石材自身を何らかの形で強化処置するしかないであろう。

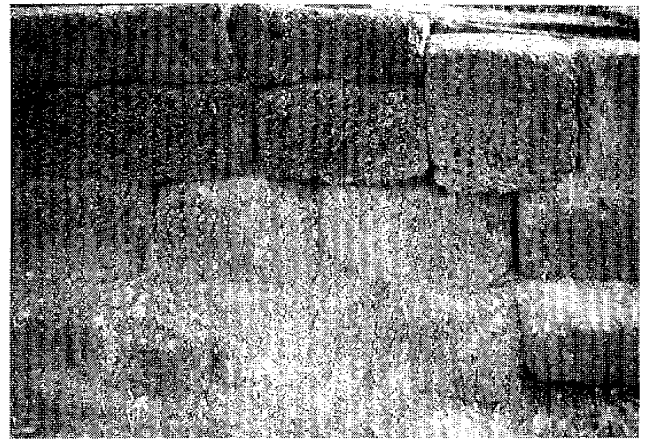


図6 ラテライト (状岩石) の劣化の例  
(タ・ムアン・トート)

実際はラテライト化が不十分な風化砂岩のため、さらに脆弱化している。

**砂岩** 砂岩は、言うまでもなく砂の粒子同士が密着することによって固形を保っている岩石であるが、粒子同士の密着は、圧力によって粒子同士が直接接している場合と、粒間物質の存在によって粒子同士が接着されている場合とがある。このうち、粒子同士が粒間物質によって接着されているような砂岩が使われている部分では、その粒間物質が溶け出すことによって粒子同士が離れやすくなり、結果として岩石表面が脆弱化している場合も観察される。一般に、白色砂岩は、粒間物質が乏しく粒子同士が密着している場合が多く、また粒子としても風化を受けにくい石英の粒子が殆どであって、強度が強い場合が多い。これに対して、赤色砂岩は、白色砂岩に比べれば粒間物質が多く、また一般に石英以外の雲母などの粒子を含むことが多く、

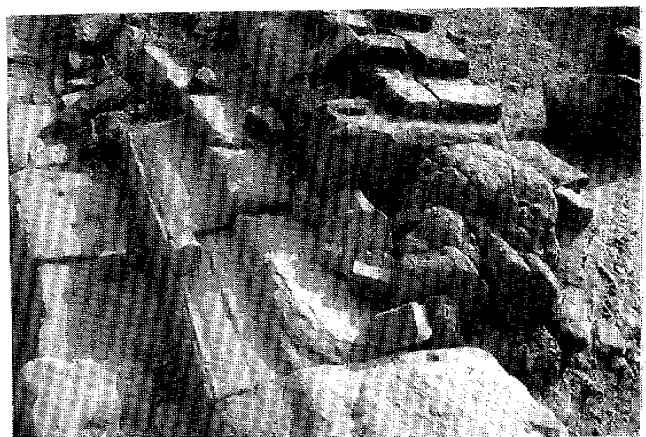


図7 赤色砂岩の劣化の例 (パノム・ワン)  
粒間物質の流出により、脆弱化を受けている。

より脆弱化を受けやすいと言える。空隙率でも、白色砂岩に比べて、赤色砂岩は二倍近い値を示す(表3)。例えば、パノム・ワンでは、白色砂岩ではさほどの劣化は見られないが、赤色砂岩では脆弱化して表面が崩落しているような箇所が顕著に見られる場合がある(図7)。一般的には、



遺跡で用いられている砂岩に関しては特別な保存処置を行う必要はないと思われるが、パノム・ワンの一部の赤色砂岩のように、脆弱化が著しい部分については、強化処置や石材を新材に取り替えることなどの対策を検討する必要もあるかもしれない。

**レンガ** レンガは、多孔質で透水性がよく、タイの遺跡で使われている石材の中では一番風化を受けやすいものであると言える。具体的には、塩類風化（図8）や生物劣化が観察される部分が少なくない。このようなレンガの劣化については、今後別項で報告する予定である。ただし、一般にレンガ造りの建物は、石材としてのレンガそのものの劣化よりも、不同沈下などによる建物の構造上の問題の方が大きいと思われ、建物の保存を考える際には、こうした全体的な保存環境という視点まで含めて、基礎をしっかりとっていくことが必要であることは言うまでもない。



図8 レンガの劣化の例（パノム・ワン）  
顕著な塩類風化が観察される。

**結晶片岩** 結晶片岩は、空隙率が低く、このため化学風化は基本的にはあまり見られない。従って、通常の場合には、特別な保存処理は必要ないと思われる。ただし、片理（結晶の配列によってできる面構造）の部分から風化が起こって表層が剝離する現象が観察される場合が時折見られるので、特に建物の構造に用いられている部分では、強化処置などによってこうした表面剝離を止めることを検討する必要があるかも知れない。

**スタッコ** スタッコの場合には、砂岩の場合と若干類似して、結晶粒子の間を埋める方解石（ $\text{CaCO}_3$ ）のセメント部分の溶解がおき、表面が崩落している場合が観察される。一般に方解石は酸性雨に弱く、雨に曝されている限りは、ある程度のこうした劣化はやむを得ない面がある。従って、本当に貴重なスタッコ製の装飾があれば、シーサチャナライのワット・ナンバヤ（Wat Nang Phaya）で行われているように、覆屋をかけて雨を防ぐようにするか、あるいは現物を博物館に移してレプリカを展示するようにするなどの対策も検討される必要があるだろう。

**風化玄武岩** 風化玄武岩は、ラテライトと違ってまだ風化の進行段階であって、残存していた長石が、風化を受けて粘土鉱物化することによって更なる風化が起き、脆弱化している場合が観察される。しかし、用いられている部分が床面だけであり、一般的には構造には関係ない部分なので、当面の間は特別な保存対策は必要ないと思われる。

## 8. まとめ

- ① タイの石造遺跡における使用石材は、多分にその地域の地質に左右されており、基本的には身近に得られる石材をなるべく生かして寺院を築いている。
- ② 石材に恵まれない地域では、レンガやスタッコなどの義岩を用いて補った面もあるものと考えられる。
- ③ ラテライト以外の石材は、いずれも劣化を受けており、砂岩の場合は粒間物質の流出による

脆弱化が、レンガの場合には塩類風化と生物劣化が問題である。

### 謝 辞

本調査には、東京国立文化財研究所の西浦忠輝氏が代表者である、文部省科学研究費・海外学術調査「タイ国石造遺跡の劣化現象と保存処置に関する調査」、「タイ国レンガ造遺跡の劣化現象と保存対策に関する調査」が利用された。またタイ国内においては、同国芸術総局の方々のご協力を頂いた。また、本稿をまとめるにあたって、早稲田大学の中川武氏、成田剛氏(当時)、文化学院の溝口明則氏には、タイの遺跡に関する有益な情報をいただいた。以上を記して、御礼申し上げます。

### 引 用 文 献

- 1) Meteorological Department: Agroclimatological data for Thailand 25-year period (1969-1993), Meteorological Department, Bangkok (1994)
- 2) UNESCO: Atlas geologique du monde, UNESCO Paris (1980)
- 3) 溝口明則・中川武・成田剛：タイ／クメール・大規模寺院の伽藍寸法計画の分析，日本建築学会大会学術講演梗概集，1195-1196 (1994)
- 4) 成田剛・中川武・溝口明則・河津有司・黒河内宏昌・高野恵子：タイ仏教遺跡第1時調査の概要，日本建築学会大会学術講演梗概集，955-956 (1989)
- 5) 石沢良昭：蘇る文化遺産 アンコール・ワット，日本テレビ，東京 (1989)

## Survey Report on the Stones and Their Weathering at Historic Monuments in Thailand

Nobuaki KUCHITSU

Stones used for historic monuments in Thailand were surveyed and discussed. Sandstone and laterite are the dominant stone types for monuments, and the assemblage of stone types at monuments is generally influenced by the geological background of the surrounding areas: normally, large historic monuments are composed mainly of stones which can be easily found near the site, while in areas where suitable stones are not easily found, bricks and stuccos are often used probably as substitute for stones. Laterites are usually still well preserved, whereas sandstones are sometimes weathered because of the leaching of cement materials, and bricks are often deteriorated due to salt efflorescence and bio-deterioration.